

ФОТОНАМАГНИЧИВАНИЕ БОРАТА ЖЕЛЕЗА

*М. Боровец, А. А. Гармонов, С. Г. Рудов,
Ю. М. Федоров*

При импульсном фотовозбуждении образцов бората железа обнаружены увеличение модуля вектора ферромагнетизма и изменение его равновесной ориентации во внешнем магнитном поле на угол порядка нескольких градусов.

Намагничивание антиферромагнитных диэлектриков можно осуществить селективным фотовозбуждением магнитоактивных ионов одной из подрешеток, вырождение между которыми снимается либо полем напряжений¹, либо магнитным полем вблизи магнитного фазового перехода². Этот же результат может быть достигнут при использовании поляризованного света за счет линейного дихроизма¹. В антиферромагнетиках со слабым ферромагнетизмом наличие ферромагнитного момента обусловлено анизотропным взаимодействием Дзялошинского–Мория, которое в сильной степени зависит от электронной конфигурации магнитоактивного иона. Поэтому даже при равновероятном фотовозбуждении подрешоточных ионов следует ожидать изменение вектора ферромагнетизма как по величине, так и по направлению за счет изменения эффективных полей анизотропии на фотовозбужденных ионах, которые обменно усилены в этих материалах³.

Эксперимент проводился на номинально чистых образцах FeVO_3 , приготовленных в форме диска в базисной плоскости (111), размером $\Phi 1,5 \times 0,05$ мм. В качестве источника возбуждения использовался параметрический генератор свега с накачкой от второй гармоники неодимового лазера. Параметры генератора: длительность импульса 15–20 нс, плотность энергии падающего на образец света $0,02$ Дж/см², диапазон перестройки $0,7$ – $2,7$ мкм, ширина линии не превышала 1 нм. Кроме того использовались первая и вторая гармоники неодимового лазера ($\lambda = 1,06$ и $0,53$ мкм) и излучение азотного лазера с $\lambda = 0,337$ мкм. Образцы устанавливались на пальце криостата с регулируемой температурой, который помещался в зазор электромагнита, создававшего в плоскости образца (111) магнитное поле до 5 кЭ. Изменение магнитного момента регистрировалось в виде импульса ЭДС, возникающего вследствие изменения магнитного потока на измерительной катушке, намотанной на образец (3 – 5 витков). Величина фотоиндуцированного изменения намагниченности была пропорциональна площади импульса ЭДС. Регистрировались изменения как продольной так и поперечной к внешнему магнитному полю компонент вектора ферромагнетизма m .

Форма осциллограмм, снимаемых с измерительной катушки представлена на рис. 1а. Знак сигнала совпадает со знаком изменения компонент вектора ферромагнетизма. При освещении образцов светом в диапазоне длин волн $0,75$ – $1,02$ мкм во внешних полях больше 30 Э (монодоменный образец) при $T = 78$ К наблюдался сигнал, соответствующий увеличению продольной компоненты намагниченности. Для $\lambda = 0,337$ и $1,06$ мкм этот сигнал отсутствовал, а для $\lambda = 0,53$ мкм он был пренебрежимо мал. Зависимость отклика намагниченности на фотофобуждение светом с различными длинами волн с постоянной интенсивностью представлена на рис. 1б и отражает тонкую структуру переход ${}^6A_{1g} - {}^4T_{1g}$ ⁴. В слабых магнитных полях меньших 50 Э помимо сигнала, совпадающего по длительности с импульсом фотовозбуждения, наблюдаются затухающие осцилляции ЭДС, которые с ростом магнитного поля быстро подавляются. Величина и период осцилляций растут с ростом толщины образца. Сигналы такого характера наблюдались в широком диапазоне длин волн ($0,337$ – 2 мкм) и связаны, по видимому, с магнитоакустическими колебаниями, возникающими при импульсном нагреве поверхности образца. В дальнейшем мы ограничимся рассмотрением только однополярного не осциллирующего сигнала, соответствующего увеличению продольной компоненты намагниченности и соответственного уменьшения ее поперечной составляющей. Полевые зависимости

ти этих сигналов представлены на рис. 2. Величины фотоиндуцированных изменений компонент вектора ферромагнетизма — Δm_{\parallel} , Δm_{\perp} в слабых полях линейно растут с ростом внешнего магнитного поля H , достигают максимума, а затем спадают по закону $1/H^2$ и $1/H$ соответственно. В полях больше 2 кЭ Δm_{\parallel} не зависит от величины поля. При $H = 250$ Э в диапазоне температур 78–200 К Δm_{\parallel} и Δm_{\perp} монотонно спадают к нулю. При $H > 2$ кЭ Δm_{\parallel} слабо меняется с температурой, аналогично температурной зависимости намагниченности данного соединения. Наблюдаемые полевые и температурные зависимости Δm_{\parallel} и Δm_{\perp} можно объяснить увеличением модуля вектора m и изменением его равновесной ориентации на угол порядка нескольких градусов (согласно оценке).

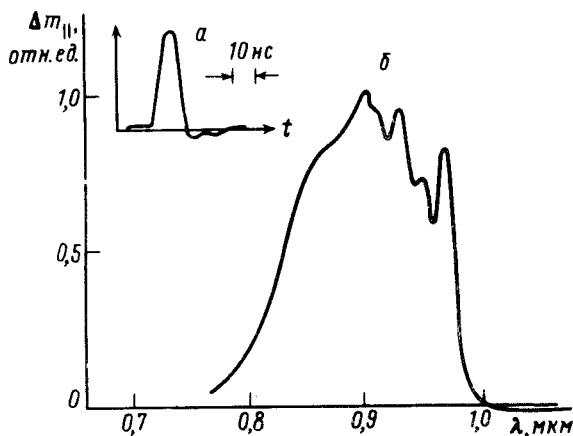


Рис. 1

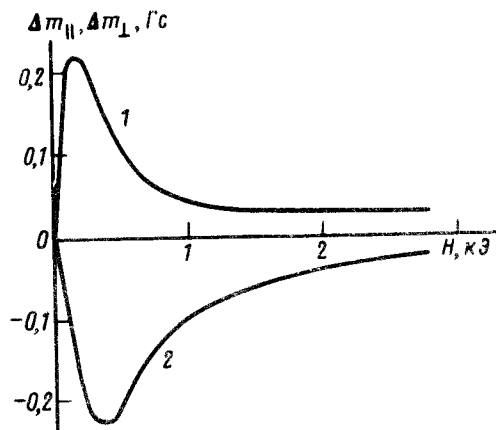


Рис. 2

Рис. 1а — Осциллограмма сигнала с измерительной катушки ($\lambda = 0,97$ мкм); б — спектральная зависимость Δm_{\parallel} ($T = 78$ К, $H = 250$ Э)

Рис. 2. Полевые зависимости Δm_{\parallel} — 1 и Δm_{\perp} — 2 ($T = 78$ К, $\lambda = 0,97$ мкм, $\phi = 35^{\circ} \pm 5^{\circ}$)

Проанализируем экспериментальные результаты в континуальном приближении, считая, что образец однородно намагничен. Тогда минимизируя свободную энергию $E = E_0 + Am^2/2 - Dm(M^2 - m^2/4)^{1/2} + K \sin^2 3(\phi + \alpha) - Hm \cos \alpha$, по m — модулю вектора ферромагнетизма и α — углу между H и m , в первом порядке приближения получим их равновесные значения:

$$m_{\parallel} = m \cos \alpha; \quad m_{\perp} = m \sin \alpha; \quad m \approx DM/A \approx 10 \text{ Гс};$$

$$\alpha \approx (-3K \sin 6\phi)/(Hm + 18K \cos 6\phi); \quad |\alpha| \ll 1,$$

где $K \sim 10^2$ эрг/см³ — энергия эффективной внутрислопостной анизотропии, ϕ — угол между H и легкой осью этой анизотропии, M — намагниченность подрешеток, A — константа антиферромагнитного обмена, D — константа взаимодействия Дзялошинского.

Предполагая, что наблюдаемые изменения компонент вектора ферромагнетизма связаны с изменением K и D , можно получить выражения для изменений m_{\parallel} и m_{\perp} :

$$\Delta m_{\parallel} \approx \Delta DM/A - \Delta K(9KHm^2 \sin^2 6\phi)/(Hm + 18K \cos 6\phi)^3$$

$$\Delta m_{\perp} \approx -\Delta K(3Hm^2 \sin 6\phi)/(Hm + 18K \cos 6\phi)^2.$$

Полученные выражения удовлетворительно описывают экспериментальные полевые зависимости при $\Delta K < 0$ и $\Delta D > 0$. Это позволяет предположить, что фотовозбуждение магнитных ионов приводит к компенсации исходной внутриплоскостной анизотропии. Увеличение модуля вектора ферромагнетизма, на наш взгляд, связано с увеличением константы D (на величину порядка 0,2% в среднем по всему объему образца), вызванным появлением орбитального момента у фотовозбужденных ионов железа.

Авторы приносят благодарность В.Г.Веселаго за поддержку работы.

Литература

1. *Hdzrichter I., et al. Phys. Rev. Lett.*, 1971, 26, 652.
2. *Еременко В.В. и др. ЖЭТФ*, 1983, 84, 2251.
3. *Ожогин В.И., Преображенский В.Л. УФН*, 1988, 155, 593.
4. *Andlauer B., et al. Sol. St. Comm.*, 1973, 13, 1655.

Институт общей физики
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
23 октября 1989 г.